



I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service as First Class Mail in an envelope addressed to the Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450 on the date indicated below.

By: Martin Dust Date: October 15, 2003

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applic. No. : 10/673,967
Applicant : Martin Dust
Filed : September 29, 2003

Docket No. : MOH-P010006
Customer No. : 24131

CLAIM FOR PRIORITY

Commissioner for Patents,
P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

Claim is hereby made for a right of priority under Title 35, U.S. Code, Section 119, based upon the German Patent Application 101 15 329.5, filed March 28, 2001.

A certified copy of the above-mentioned foreign patent application is being submitted herewith.

Respectfully submitted,

Martin Dust
For Applicant

MARTIN DUST
REG. NO. 37,003

Date: October 15, 2003

Lerner and Greenberg, P.A.
Post Office Box 2480
Hollywood, FL 33022-2480
Tel: (954) 925-1100
Fax: (954) 925-1101

/av



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 101 15 329.5

Anmeldetag: 28. März 2001

Anmelder/Inhaber: Framatome ANP GmbH,
Erlangen/DE

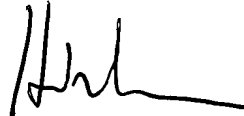
(vormals: Siemens NuclearPower GmbH,
Erlangen/DE)

Bezeichnung: Ultraschallverfahren zur Dickenmessung
von schwach reflektierenden Teilschichten
eines Mehrschichtbauteils

IPC: G 01 B 17/02

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 14. August 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag



Hintermeier

Beschreibung

Ultraschallverfahren zur Dickenmessung von schwach reflektierenden Teilschichten eines Mehrschichtbauteils

Die Erfindung betrifft ein Ultraschallverfahren zur Dickenmessung von schwach reflektierenden Teilschichten eines Mehrschichtbauteils. Bei einem solchen Bauteil bestehen die unterschiedlichen Schichten aus Materialien mit ähnlichen Schallimpedanzen. Ein von einem Ultraschallprüfkopf erzeugter Schallimpuls wird daher an der Grenzfläche zwischen den Materialien nur zu einem äußerst geringen Anteil, nämlich zu etwa 1% und weniger reflektiert. Das reflektierte Grenzflächenecho weist dementsprechend Amplituden auf, die im Bereich der Amplituden von üblichen, beispielsweise durch unvollständige Dämpfung des Ultraschallkopfes oder durch Transversalwellenechos hervorgerufen Störsignalen liegen. Das erreichbare Signal/Stör-Verhältnis reicht daher bei Messungen der vorliegenden Art oft nicht aus, um das Grenzschichtecho eindeutig zu identifizieren.

Aus US 4,918,989 ist ein Ultraschallverfahren zur Messung der Dicke einer Liner-Schicht eines Kernbrennstoff-Hüllrohres beschrieben, bei dem zur Erhöhung des Signal/Stör-Verhältnisses der Effekt ausgenutzt wird, dass sich zwei mehrfach reflektierte Echoimpulse mit zwar unterschiedlichem Reflexionsverlauf bzw. Strahlengang aber mit gleicher Laufzeit überlagern. Dabei soll sich ein stärkeres, sich von Störsignalen deutlicher abhebendes Signal ergeben, als dies bei einem an der Grenzfläche zwischen Liner-Schicht und Rohrmaterial einfach reflektierten Echoimpuls der Fall ist. Diese Mehrfachreflexionen erlangen erst bei späteren Waddicken-Echos Bedeutung, wo Störungen durch Transversalwellen groß sind und die Nutzechos aufgrund weiter Laufwege klein sind. Die Verbesserung des SIN ist daher klein.

Ein weiteres Ultraschallverfahren zur Dickenbestimmung einer Innenschicht eines Kernbrennstoff-Hüllrohres ist in DE 4102576A1 beschrieben. Um das an der Grenzfläche zwischen Innenschicht und Hüllrohr reflektierte Signal gegenüber Störsignalen deutlicher hervortreten zu lassen, werden Zeitgatter eingesetzt, die Störsignale vor und nach dem Grenzflächenecho herausfiltern. Unberührt bleiben jedoch Störungen in der Nähe des Grenzschichtechos.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren der eingangs genannten Art vorzuschlagen, mit dem sich das Signal/Stör-Verhältnis bei der Dickenbestimmung von Teilschichten mit schwacher Reflexion verbessern lässt.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren gemäß Anspruch 1 gelöst. Danach werden mit Hilfe eines Ultraschallprüfkopfes an einer vorgegebenen Stelle eines Mehrschichtbauteils mehrere Sendeimpulse erzeugt und die einem Sendeimpuls zugeordneten Echoimpulse digital als HF-Bild aufgezeichnet. Das zur Unterdrückung des elektronischen Rauschens gemittelte HF-Bild wird dann mit Hilfe eines Computerprogramms so weiter bearbeitet, dass mehrere durch zwei zeitlich auf einander folgende, Störsignale zwischen sich einschließende Rückwandechos begrenzte Echoperioden homolog überlagert werden. Die Erfindung geht dabei von der Beobachtung aus, dass die zeitliche Abfolge der Störsignale der einzelnen Echoperioden weitgehend unterschiedlich ist, während die Grenzflächenechos eine gleichbleibende Periodizität aufweisen. Bei der Überlagerung mehrerer Echoperioden werden nun die Grenzflächenechos aufgrund ihrer strengen Periodizität verhältnismäßig mehr verstärkt als die Störsignale. Als Ergebnis der Überlagerung wird daher eine digitale Aufzeichnung erhalten, bei der sich das Grenzflächenecho deutlich von den Störsignalen abhebt, so dass es sich leichter identifizieren und auswerten lässt. Besonders

vorteilhaft ist das vorgeschlagene Verfahren für die Bestimmung der Dicke einer Linerschicht von Kernbrennstoff-Hüllrohren einsetzbar.

Die Erfindung wird nun anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig.1 eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens an einem zweischichtigen Bauteil,

Fig.2 das HF-Bild einer an einer vorgegebenen Stelle des Bauteiles vorgenommenen Ultraschallmessung,

Fig.3 das HF-Bild entsprechend Fig.2, jedoch mit hundertfacher Verstärkung,

Fig.4 ein HF-Bild, das das Ergebnis der Überlagerung von 14 Echoperioden in einfacher (dicke Linie) und hundertfacher Vergrößerung (dünne Linie) zeigt,

Fig.5 ein HF-Bild, das die erste, den Sendeimpuls und das erste Rückwandecho umfassende Echoperiode bei einfacher (dicke Linie) und hundertfacher Vergrößerung (dünne Linie) zeigt,

In Fig.1 ist ein typischer Aufbau für eine Ultraschallmessung an einem Bauteil 1 schematisch dargestellt. An einer Oberfläche des Bauteils ist ein Ultraschallprüfkopf 2 angeordnet. Die Schalleinkopplung erfolgt beispielsweise in Kontakttechnik mit oder ohne Vorlaufstrecke. Die vom Ultraschallprüfkopf 2 empfangenen Echosignale werden von einem Ultraschallprüfgerät 3 aufgenommen und von einem digitalen Oszilloskop 4 in Form beispielsweise eines HF-Bildes aufgezeichnet. Zur Weiterverarbeitung der Daten des HF-Bildes ist and das Oszilloskop 4 eine DV-Anlage, beispielsweise ein PC 5 angeschlossen.

Das zu prüfende Bauteil 1 setzt sich aus zwei Schichten 6,7, zusammen, die aus hinsichtlich der Schallimpedanz sehr ähnli-

chen Materialien bestehen. Ein vom Prüfkopf 2 erzeugter Sendepuls 8 durchdringt daher zum Großteil die Grenzfläche 9 zwischen den beiden Schichten 6,7. Nur ein Anteil von max. 1 Rel.% wird an der Grenzfläche 9 reflektiert und als schwaches Grenzflächenecho 10 vom Prüfkopf 2 empfangen. Das von der Rückwand 12 des Bauteils 2 reflektierte Rückwandecho 13 ist dagegen wesentlich stärker. Wenn die Grenzfläche beispielsweise einen Reflexionsfaktor von 0,01 aufweist, ist das Rückwandecho 13 99 mal stärker als das Grenzflächenecho 10. Letzteres ist daher bei einem HF-Bild mit geringer Verstärkung nicht mehr erkennbar (siehe Fig.2). Das Bild nach Fig.2 kann aber dazu dienen, die Wanddicke aus dem zeitlichen Abstand zweier aufeinanderfolgender Rückwandechos 13 zu bestimmen.

Um die zwischen zwei aufeinanderfolgenden Rückwandechos 13 bzw. innerhalb einer von diesen begrenzten Echoperiode 14 liegenden Signale sichtbar zu machen, ist eine Aufzeichnung mit höherem Verstärkungsfaktor, beispielsweise mit hundertfacher Verstärkung erforderlich. Ein derartiges HF-Bild ist in Fig.3 gezeigt. Wie bei dem HF-Bild von Fig.2 handelt es sich dabei nicht um die Aufzeichnung eines einzelnen, sondern um die Überlagerung mehrerer HF-Bilder von mehreren Ultraschallschüssen. Da die Ultraschallschüsse bis auf das regellose elektronische Rauschen identisch sind, werden beispielsweise durch unvollständige Dämpfung des Ultraschallprüfkopfes und durch Transversalwellen-Echos entstandene Störsignale in gleichem Maße wie Nutzsignale relativ verstärkt und nur das elektronische Rauschen herausgefiltert. Bei Messaufgaben der vorliegenden Art, also bei der Bestimmung von Teilschichtdicken von Bauteilen 2 weisen daher die Grenzflächenechos 10 oft Amplituden auf, die im Bereich der Störsignalamplituden liegen. Es ist deshalb schwierig, das Grenzflächenecho 10 zu identifizieren und die Teilschichtdicken des Bauteils 2 zu bestimmen. Um hier Abhilfe zu schaffen, werden nun die in di-

1 gitaler Form vorliegenden HF-Bilder gemäß Fig.2 und 3 mit dem
2 oben genannten PC 5 weiter verarbeitet. Mit einem Computer-
3 programm wird das HF-Bild gemäß Fig.3 in seine Echoperioden
4 zerlegt, und diese homolog überlagert. Das Ergebnis der Über-
5 lagerung der ersten 14 Echoperioden 14 ist in Fig.4 gezeigt.
6 Aus einem Vergleich mit Fig.5, das die erste, aus Sendeimpuls
7 8 und erstem Rückwandecho 13a bestehende Echoperiode 14a
8 zeigt, wird deutlich, dass die meisten Störsignale 15a an In-
9 tensität verloren haben. Dies liegt daran, dass sich das Aus-
10 sehen dieser Störsignale in aufeinanderfolgenden Echoperioden
11 14 verändert. D.h. die Maxima der Störsignale 15a sind in den
12 einzelnen Echoperioden an unterschiedlichen Positionen, so
13 dass die Überlagerung zu einer Abschwächung der Amplituden
14 führt. Lediglich die sich an ein Rückwandecho 13 unmittelbar
15 anschließende Signalgruppe 15b ist eng an die Periodizität
16 der Rückwandechos gekoppelt, so dass hier keine Signalab-
17 schwächung erfolgt. Dieses Signal kann aber aufgrund seiner
18 Lage von vornherein ausgeschlossen werden. Das Grenzflächen-
19 echo 10 ist somit eindeutig detektierbar. Zur Bestimmung der
20 Dicke der Teilschicht 7 wird jeweils auf das Minimum von
21 Grenzflächenecho 10 und Rückwandecho 12 zurückgegriffen. Die
22 Dicke der Teilschicht 7 ergibt sich in bekannter Weise aus
23 der Zeitdifferenz 16 zwischen den genannten Signalen. Dazu
24 können beispielsweise die Minima der Signale bestimmt werden
25 und ihr Zeitunterschied mittels der bekannten Ultraschallge-
26 schwindigkeit in eine Schichtdicke umgerechnet werden.

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ultraschallmessung einer Teilschichtdicke in einem Mehrschichtbauteil mit geringer Grenzflächenreflexion mit folgenden Verfahrensschritten:

- a) mit Hilfe eines Ultraschallprüfkopfes 2 werden an einer vorgegebenen Stelle des Bauteils 1 mehrere Sendepulse 8 erzeugt,
- b) die resultierenden, einem Sendepuls zugeordneten Echosignale werden digital als HF-Bild aufgezeichnet,
- c) mit Hilfe eines Computerprogramms werden mehrere Wanddicken-Echoperioden 14 aus unterschiedlichen Laufzeiten homolog überlagert.

Fig. 1

Bezugszeichenliste

- 1 Bauteil
- 2 Ultraschallprüfkopf
- 3 Ultraschallprüfgerät
- 4 Oszilloskop
- 5 PC
- 6 Teilschicht
- 7 Teilschicht
- 8 Sendeimpuls
- 9 Grenzfläche
- 10 Grenzflächenecho
- 11 Schalleinstrahlungsfläche
- 12 Rückwand
- 13 Rückwandecho
- 14 Echoperiode
- 15 Störsignal
- 16 Zeitdifferenz

1 P010006DE

2 27. März 2001

3

4

5

Ansprüche

6

7 1. Verfahren zur Ultraschallmessung einer Teilschichtdicke in
8 einem Mehrschichtbauteil (1) mit geringer Grenzflächenre-
9 flexion, mit folgenden Verfahrensschritten:

10

11 a) mit Hilfe eines Ultraschallprüfkopfes (2) werden an ei-
12 ner vorgegebenen Stelle des Bauteils (1) mehrere Sende-
13 impulse (8) erzeugt,

14 b) die resultierenden, einem Sendeimpuls (8) zugeordneten
15 Echosignale werden digital als HF-Bild aufgezeichnet,

16 c) mit Hilfe eines Computerprogramms werden mehrere Wand-
17 dicken-Echoperioden (14) aus unterschiedlichen Laufzei-
18 ten homolog überlagert.

19

20 2. Verfahren nach Anspruch 1,

21

dadurch gekennzeichnet,

22

dass es zur Bestimmung der Linerschichtdicke von Kern-
23 brennstoff-Hüllrohren verwendet wird.

24

Fig. 1

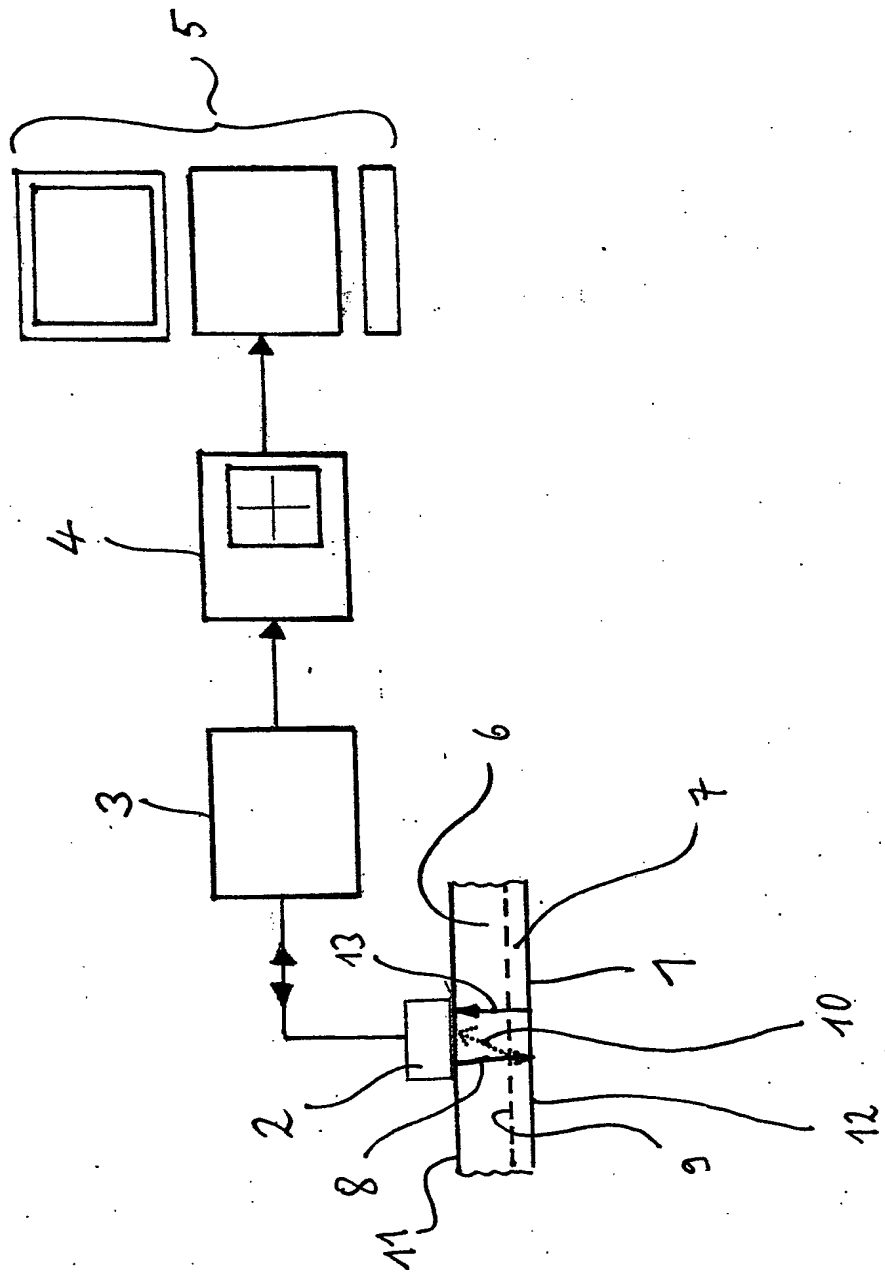


Fig. 2

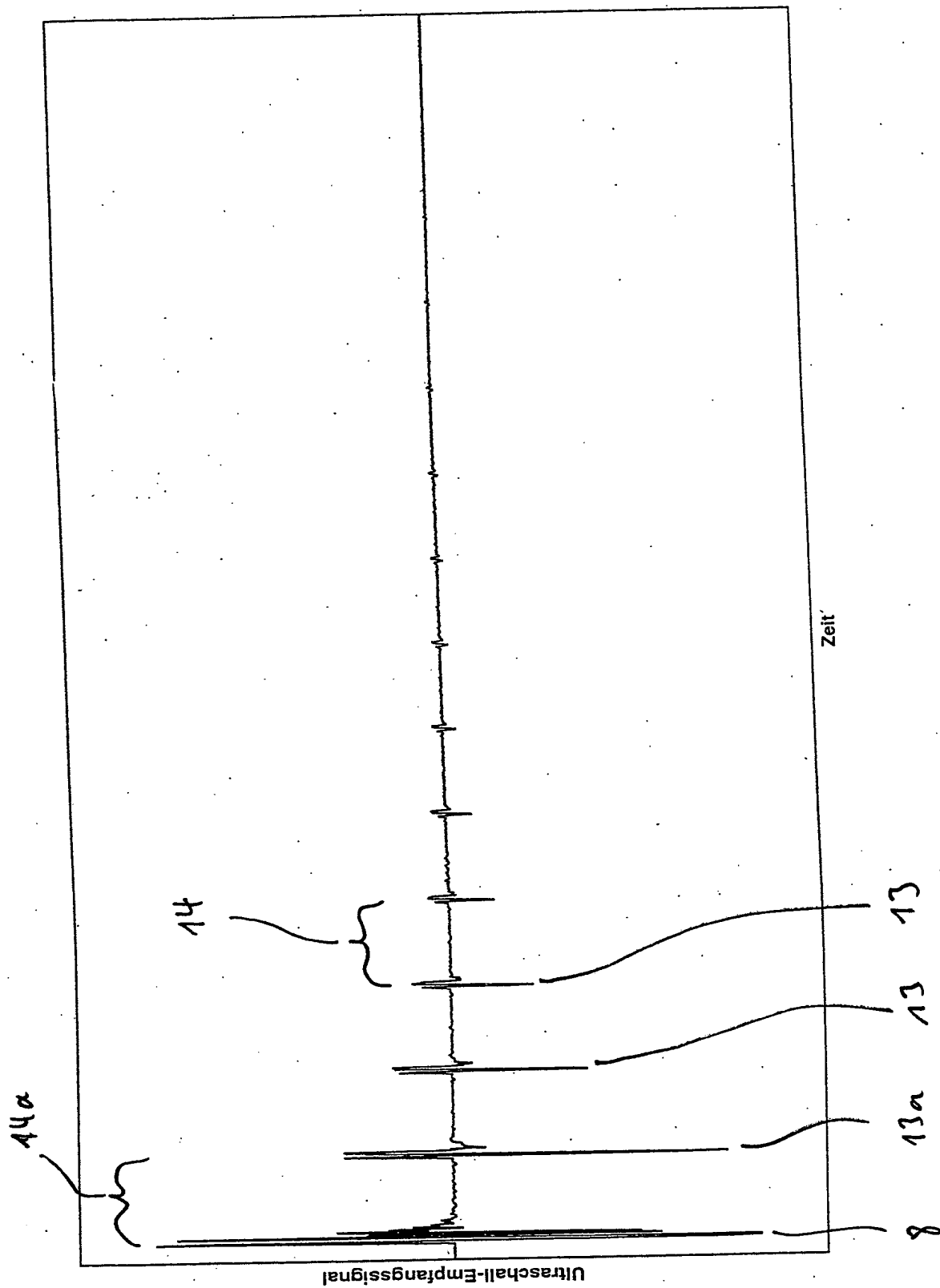


Fig. 3

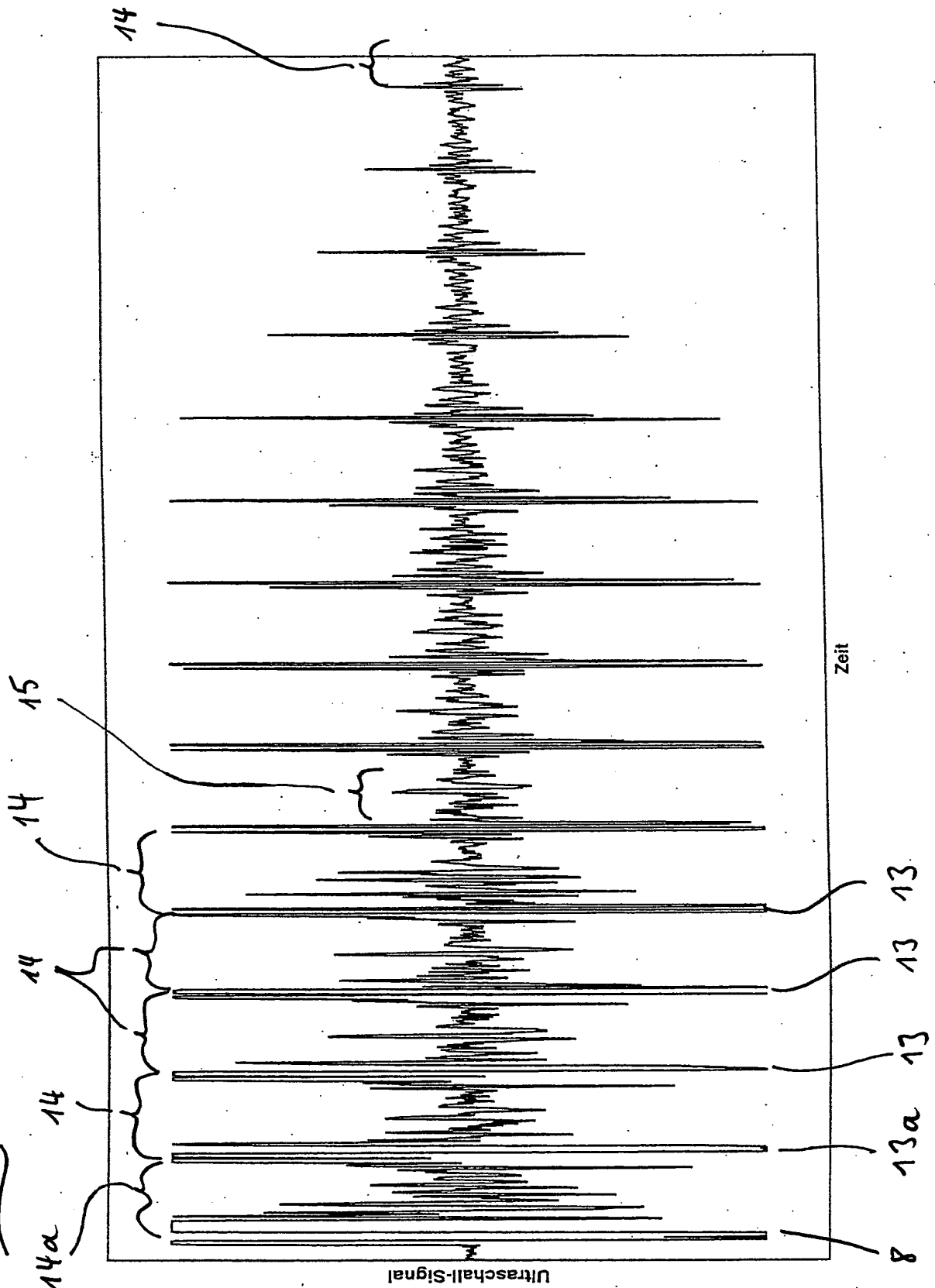


Fig. 4

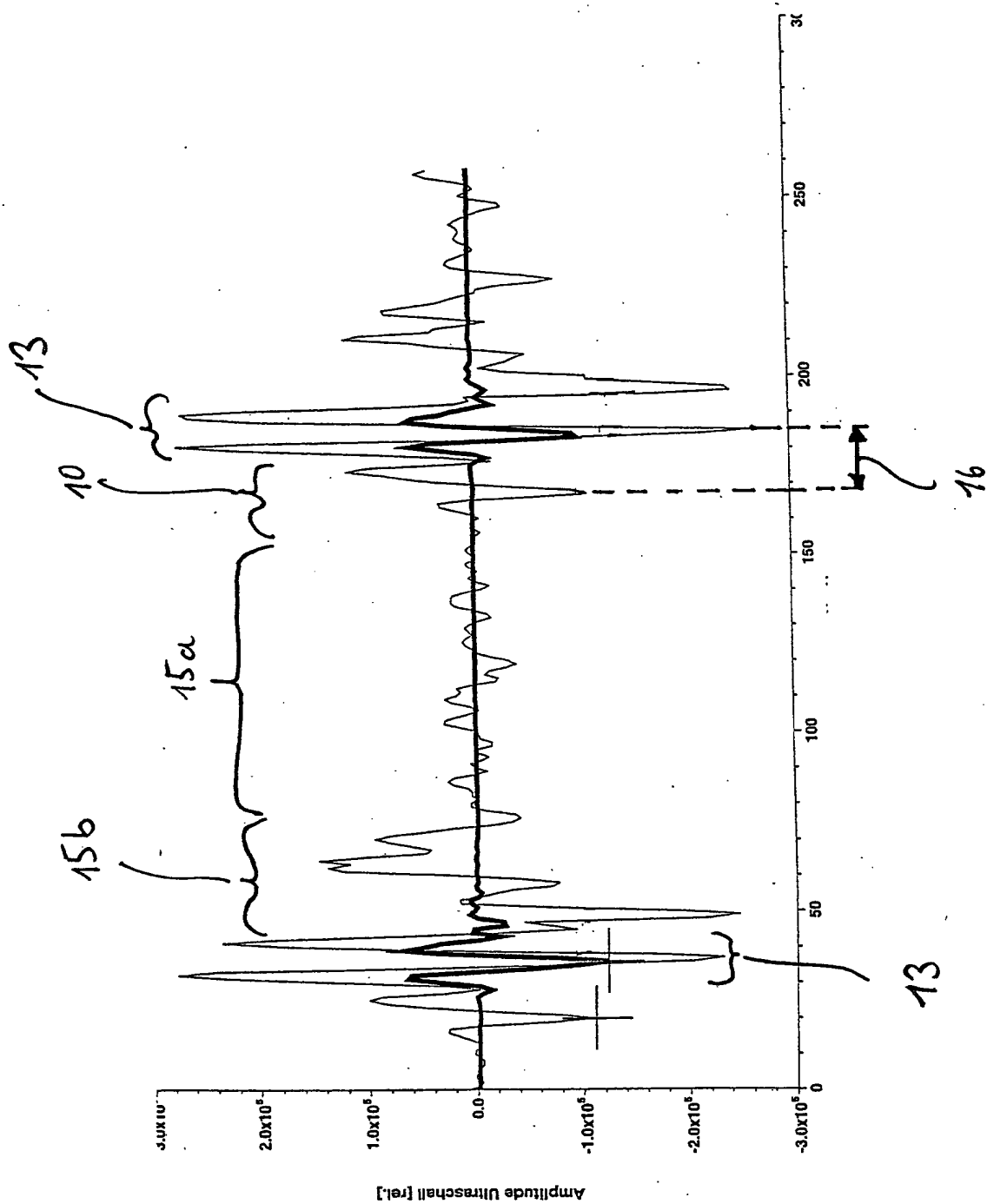


Fig. 5

